

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-313554  
(P2002-313554A)

(43) 公開日 平成14年10月25日 (2002. 10. 25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 5 B 33/02		H 0 5 B 33/02	3 K 0 0 7
33/10		33/10	
33/12		33/12	Z
33/14		33/14	B
33/22		33/22	Z
審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-117255(P2001-117255)

(22) 出願日 平成13年4月16日 (2001. 4. 16)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(74) 代理人 100095728  
弁理士 上柳 雅誉 (外1名)

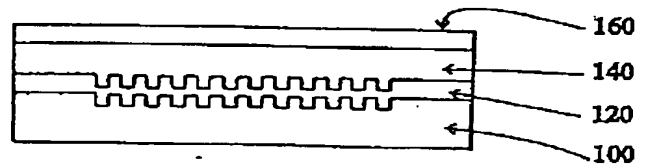
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子及び発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 素子の効率を改良した発光素子を提供すること。

【解決手段】 基材100、前記基材100上に形成された透明電極120、該透明電極120上に設けられ少なくとも1つの波型表面を有する発光材料層140、および該発光材料上に形成された更なる電極160を具備する発光素子。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基材、前記基材上に形成された透明電極、該透明電極上に設けられ少なくとも 1 つの波型表面を有する発光材料層、および該発光材料層上に形成された更なる電極を具備する発光素子。

【請求項 2】 前記発光材料が有機材料である請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】 前記基材が波型表面を有する請求項 1 または 2 記載の発光素子。

【請求項 4】 前記透明電極上に導電性ポリマー層が形成され、該導電性ポリマー層が透明電極に面する表面の反対側に波型表面を有し、前記発光材料が該導電性ポリマー層の波型表面と接している請求項 1 または 2 記載の発光素子。

【請求項 5】 前記発光材料が  $1000\text{ cm}^{-1}$  以下の吸収係数を有する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 6】 前記発光材料が共役ポリマーからなる請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 7】 前記発光材料がポリフルオレン誘導体からなる請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 8】 前記波型表面が式： $\Lambda = v \lambda_0 / n \sin \theta_m$  によるピッチ  $\Lambda$  を有する（角  $\theta_m$  は、発光材料の層の上側および下側表面からの、発光材料中の導波路モード (waveguide mode)  $m$  で伝播する光についての発光材料層の上側および下側表面からの反射角であり、 $\lambda_0$  は出力波長であり、 $n$  および  $v$  は整数である）請求項 1 乃至 7 記載の発光素子。

【請求項 9】 前記波型表面のピッチが  $300 \sim 450\text{ nm}$  の範囲である請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 10】 前記波型表面が一次元の周期構造を有する請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 11】 前記波型表面が二次元の周期構造を有する請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 12】 前記波型表面が三次元の周期構造を有する請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 13】 前記波型表面がチャープ格子構造 (structure of chirping grating) を有する請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 14】 前記発光材料層が複数の領域を有し、各領域はそれぞれ異なるピッチの波型表面を有する請求項 1 乃至 13 記載のいずれかに発光素子。

【請求項 15】 基材を提供する工程と、該基材上に透明電極を形成する工程と、該透明電極上に発光材料層を設ける工程と、発光表面が少なくとも 1 つの波型表面を有するように調整する工程と、該発光材料層上方に他の電極を形成する工程を具備する発光素子の製造方法。

【請求項 16】 前記発光表面が少なくとも 1 つの波型表面を有するように調整する工程が、前記基材上に波型表

面設ける工程を含む請求項 15 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 17】 前記基材に光硬化性樹脂を設ける工程と、型を用いて樹脂を成形することによって基材上に波型表面を形成する工程と、該樹脂を放射線に曝して樹脂を硬化する工程を具備する請求項 16 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 18】 導電性ポリマー層を透明電極上に形成する工程を更に具備し、前記発光表面が少なくとも 1 つの波型表面を有するように調整する工程が、該導電性ポリマー層上に波型表面を設ける工程を含む請求項 15 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 19】 ポリマーの型を用いて層を成形することによって導電性ポリマー層上に波型表面を形成する工程と、熱を印加することによって層を硬化する工程を具備する請求項 18 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 20】 前記導電性ポリマー層上に波型表面を設ける工程が：導電性ポリマー材料を透明電極上にスピンコートする工程と、導電性ポリマー材料を型の波型表面上にスピンコートする工程と、該スピンコートされた型を透明電極上に設けられた導電性ポリマー層上に配置し 2 つの導電性ポリマー層を一体に挟むようにする工程と、次に型を取り除くことを具備する請求項 18 記載の発光素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は特に、基材、透明電極、発光材料層および第 2 の電極を含有する構造を有する発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 上述したような構造の発光素子では、正孔を発光材料へと一方電極（通常透明電極）から注入し、電子を他方電極から注入する。発光または活性材料における電子正孔再結合は光を生じる。発生した光は素子から透明電極を通して放出される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、素子の効率を改良した前述のタイプの発光素子を提供することである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明の第 1 の観点によれば、基材、前記基材上に形成された透明電極、該透明電極上に設けられ少なくとも 1 つの波型表面を有する発光材料層、および該発光材料層上に形成された更なる電極を具備する発光素子が提供される。好ましい構成としては、波型表面を有する基材、前記波型表面上に形成された透明電極、透明電極上に提供された発光材料層、および発光材料層上に形成された更なる電極を具備する。

【0005】 別の好ましい構成では、基材、基材上に形成された透明電極、透明電極上に形成され、透明電極に

面する表面の反対側に波型表面を有する導電性ポリマー層、前記波型表面と接している発光材料、および発光材料上に形成された更なる電極を具備する発光素子が提供される。

【0006】本発明の第2の観点によれば、基材を提供する工程と、該基材上に透明電極を形成する工程と、該透明電極上に発光材料層を設ける工程と、発光表面が少なくとも1つの波型表面を有するように調整する工程と、該発光材料層上方に他の電極を形成する工程を具備する発光素子の製造方法が提供される。

【0007】好ましい方法では、発光表面が少なくとも1つの波型表面を有するように調整する工程が、基材上に波型表面を提供することを包含する。

【0008】別の好ましい方法は、導電性ポリマー層を透明電極上に形成する工程を包含し、この方法において、発光表面が少なくとも1つの波型表面を有するように調整する工程が、導電性ポリマー層上に波型表面を設けることを包含する。

【0009】本発明において非常に好ましくは、発光材料は有機材料である。

【0010】従来の素子では、発光材料層は導波路として機能し、発生した光の実質部分を活性材料内の導波路モード (waveguide mode) にトラップすることができるが見出されている。発光材料の屈折率が高いほど、発光材料中の導波路モードにトラップされる発生した光の割合が大きくなる。従って、この考えは、発光層として有機材料の使用、特に共役ポリマーを活性材料として使用する場合に重要である。これは、有機材料、特に共役ポリマーが、有機材料から発光される光の波長付近で高い屈折率を有するからである。

【0011】ある種の電子ポンピングレーザ素子 (electronically pumped laser device) 内に波型表面を使用する提案がなされていたことは理解されている。しかし、このような素子は基本的に、本発明が適用する発光素子に比べて、異なる構造および動作モードを有する。更に、従来の提案は主に理論的性質のものであり、実際に組み立てることは不可能ではないにしても、非常に困難な素子を仮定していた。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の実施態様を、ここで添付の図面を参照しながら更なる実施例で記載する。

【0013】本発明は、活性層が波型表面を有する発光素子を提供する。この波型の活性層の効果は、本発明による発光素子の効率を向上させることである。波型のピッチは、その幅が小さいほど、以下に記載するように、素子の機能に影響する。しかし、本発明の実施態様について、特に留意すべき4つの領域がある。これらは：製造方法、活性層中の光損失、波型のピッチおよび波型の周期構造である。特に留意すべきこれらの4つの領域のそれぞれを以下に議論し、続いて具体的な実施例を記載

する。

【0014】(製造方法) 本発明特有の有効性は、多くの異なった製造方法が本発明による発光素子を製造する際の使用に好適であることである。

【0015】本発明による発光素子で使用するための基材を形成する方法を、図1に例示する。この構成では、基材10は2つの構成要素、即ち透明ベース12と光重合樹脂14を含有する。図1aに示すように、光重合性樹脂14をベース材料12の上側表面に塗布する。図1bに示すように、光重合性樹脂14はスタンピング型 (stamping mold) 16の波型部分の領域と少なくとも同じ大きさの領域を覆っている。スタンピング型を光重合性樹脂14に押し付けるのだが、ここでこれは光重合性樹脂14を均一な厚さの層へと平らに伸ばす効果を有する(過剰の樹脂はエッジから外部に流出する)。この操作は好ましくは、真空中で行われ、樹脂層中に泡が発生するのを防止するようにする。図1cに示すように、UV放射線を透明基材12を介して照射することによって、樹脂14を硬化する。樹脂を硬化した後、スタンピング型を除去して、波型の上側表面18を有する処理された基材10を残す。この波型表面を用いて波型の活性層を形成する。この方法は特に大型の製品に適している。

【0016】導電性ポリマー層を溶液からのスピコートによって形成する。導電性ポリマー層の表面も波型を有する。これは光重合層上の波型と正確に同じではなく、僅かに浅めで丸めである。また、導電性ポリマー層の代わりに、正孔輸送層も適用可能である。スピコートはポリマータイプの正孔輸送層に好適であり、その一方で低分子タイプの正孔輸送層には蒸着法が好適である。発光層については、(ポリマータイプか、低分子タイプかという) タイプに依存して、スピコートまたは蒸着を用いる。続いて陰極を金属の蒸着によって形成する。

【0017】図1の方法により形成された基材を使用する代わりに、透明電極がその上に形成され、電極上に形成された導電性ポリマーフィルムを備えた透明基材の構成を使用し、ここで導電性ポリマーは波型表面を有する。このような別の部品を形成する方法を図2に示す。

【0018】図2では、部品20を、インジウム錫酸化物 (ITO) 電極24をその上に有する透明基材を設けることによって形成する。図2aに示すように、透明ポリマーマトリックスに埋め込まれた共役ポリマーの溶液26を、ITO電極24の上側表面に塗布する。図2bに示すように、溶液26はスタンピング型28の波型部分の領域と少なくとも同じ大きさの領域を覆っている。スタンピング型を溶液26しっかりと押し付けるのだが、この操作は溶液を均一な厚さの層へと平らに伸ばす効果を有する。こうして得られたものを次に加熱することによって乾燥させ溶液26中の固形含有物を固化させ

る。固形含有物を固化した後、スタンピング型を除去して、波型の上側表面 3 0 を有する基材 2 0 を完成させる。

【0 0 1 9】図 1 の方法では、金属（例えば、ニッケル）のスタンピング型を使用することができるが、金属スタンピング型の使用は、溶剤の蒸発が乾燥工程中に要求される図 2 の方法には適さないと考えられ得る。従って、図 2 の方法では、溶剤が浸透することができるポリマー製のスタンピング型を使用してもよい。更に、図 2 の方法は真空乾燥の使用を含んでもよい。

【0 0 2 0】部品 2 0 を形成する別の方法を図 3 に示す。図 3 の方法は 2 つの構成要素を形成し、これを積層して 1 つの部品とすることを包含する。まず、導電性ポリマー材料 3 2 をスタンピング型 3 4 上にスピコートすることによって塗布する。図 3 a に示すように、スピコートされた材料 3 2 はスタンピング型 3 4 の波型に従った波型の上側表面を有してもよい。透明基材 3 8、ITO 電極 4 0 および導電性ポリマー 4 2 から成る構成要素を、図 3 b に示すように別途形成する。スピコートされたスタンピング型 3 4 を逆さにし他方の構成要素の上に配置して、ポリマー 3 2 と 4 2 が互いに接するようにする。図 3 c に示すように、圧力（熱でもよい）をかけて 2 つの構成要素を一体に積層する。ポリマー 3 2 と 4 2 は結合して単一層 4 4 を形成する。ポリマーは特にガラス転移温度以上の温度で可塑性を有する。ポリマー 3 2 と 4 2 はその表面形態において違いはなく、可塑性によって、ポリマーは結びついて単一層 4 4 を形成する。その後、スタンピング型 3 4 を図 3 d に示すように、除去して、透明ベース 3 8、その上に形成された ITO 電極 4 0 および、ITO 上に形成され、波型の上側表面 4 6 を有する導電性ポリマー層 4 4 を有する単一の構成要素を残す。

【0 0 2 1】所望の構成要素を形成するまた更なる方法を図 4 に示す。この方法は図 2 のポリマー溶液法と図 3 の積層法の組み合わせを用いる。具体的には、図 4 a に示すように、導電性ポリマー材料 4 8 をスタンピング型 5 0 にスピコートすることによって塗布する。別に、その上に ITO 電極 5 4 を有する透明基材 5 2 を、図 4 b に示すように、導電性ポリマー溶液 5 6 を ITO 表面に塗布することにより調製する。次に、図 4 c に示すように、スピコートされた型 5 0 を逆さにしポリマー溶液 5 6 に押し付ける。次に熱を印加して、溶剤を蒸発させ、ポリマー 4 8 と 5 6 から単一層 5 8 を形成する。使用するポリマーが積層法にとって十分な可塑性がない場合でも、この方法は波型表面を有する単一層を形成することができる。先と同様に、型の除去は、透明ベース、その上に形成された ITO 電極および、ITO 上に形成され、波型の上側表面を示す導電性ポリマーを有する単一の構成要素を残す。

【0 0 2 2】図 5 は図 1 に示す方法により製造された基

材を用いた発光素子を示す。図 5 では、透明基材を符号 1 0 0 で示し、透明 ITO 電極を符号 1 2 0 で示し、発光ポリマーを符号 1 4 0 で示し、金属電極を符号 1 6 0 で示す。図 6 は図 2 に示す方法により製造された基材を用いた発光素子を示す。図 3 に示す方法により製造された発光素子だけでなく、図 4 の方法により製造されたものも図 6 に示すものと同じである。図 6 および図 5 で使用する共通の符号は、同じ基本的な構成要素を示すが、図 6 において、基材も ITO も波型ではない。図 6 において、波型表面を活性層 1 4 0 に提供するのは、符号 1 3 0 で示す導電性ポリマー層である。

【0 0 2 3】使用の際、電圧を印加して表示素子を駆動する。典型的に、電圧は 2 V ～ 1 0 V の範囲である。正の電圧を陽極に印加し、陰極を接地することができる。

【0 0 2 4】波型表面の機能的効果について、図 1 の方法により形成された実施態様、及び図 2 ～ 4 による方法のいずれかにより形成された実施態様に関して述べる。特に、波型表面の基本的機能は導波伝播モード (waveguide propagation mode) を放射モード (radiative mode) と接合することによって；導波路モードにおいて従来どおりトラップされていた発生光の多くを放射モードにおいて素子から（即ち、活性層に垂直に透明基材を通じて）発光させることである。制限内で、波型の深さまたは幅はモード間の接合の強さを制御する（深さが深いほど高い接合を提供する）。典型的に、波型の深さは 5 0 nm 程度、即ち活性層の深さと同様でよい。しかし、波型の周期がより重要である。

【0 0 2 5】（周期）導波路モードは活性材料と透明 ITO 電極の両方にわたって設けられてもよく、導波路モードは ITO 層内に独占的に設けられていてもよいことは認識されている。しかし、ITO の屈折率が活性層の屈折率よりも十分小さいならば、実際には ITO 層内に独占的にある導波路モードは無視することができる。

【0 0 2 6】多くの層を有する実際の素子構造は多くの導波路モードを支持することができる。しかし、以下の理由のために、2 つの導波路モードしか考慮する必要はない。1 つは、発光層中に支持された導波路モードであり、他方は基材から発光層までの全体に支持されたモードである。層および基材の典型的な屈折率は次の通りである：発光層は 1. 8 ～ 1. 9；導電性ポリマー層（または正孔輸送層）は 1. 5 ～ 1. 6；ITO 層は 1. 8 ～ 2. 0；基材（または光重合層）は 1. 5 5。発光層は一般に、発光のスペクトル近くに吸収端があるために、高い屈折率を有する。導電性ポリマー層または正孔輸送層は発光層より低い屈折率を有する。導電性ポリマーは狭い禁止帯幅のポリマーであり、可視領域でむしろ低い屈折率を有する。正孔輸送層は発光スペクトルに対して透過性であるべきであり、より低い屈折率になる。導電性ポリマー層（または正孔輸送層）の屈折率は基材屈折率と同程度である。導電性ポリマー層（または正孔

輸送層)は、発光層から発光された光を発光層内に閉じ込める被覆層として機能する。空気の屈折率が系の中で最も低い屈折率であるので、導電性ポリマー層(または正孔輸送層)を通過した光が全て放射モードに入るわけではない。いくらかの光は基材と空気間の界面で反射され、発光層から導電性層、基材までの構造内に閉じ込められる。

【0027】図7は、本発明による発光素子の改良された効率を達成するように、制御されるべき波型活性層の種々のパラメータを示す。この観点において、色々なパラメータに関して、以下のような式が誘導され得る。

【0028】活性層の高さ(または深さ)を $h$ で表す。図7に示すように、活性層中の導波路モード内を伝播する光は活性層の上側および下側表面から角度 $\theta_m$ で反射される(ここで $m$ を用いてモード数を示す)。この表面からの反射があるところで相変化があり、これは活性材料とその各側の材料との間のそれぞれの屈折率に依存する。上側および下側表面におけるこれらの相変化を符号 $\phi_a$ および $\phi_b$ でそれぞれ示す。所望の(真空中での)出力波長を示すために $\lambda_0$ 、真空中での伝搬定数を示すために $k$ 、活性材料中での伝搬定数を示すために $\beta$ 、波型のピッチを示すために $\Lambda$ および整数を示すために $n$ を用いると、これらのパラメータは次の式によって関係付けられる：

$$2 n h k \cos \theta_m - 2 \phi_a - 2 \phi_b = 2 m \pi$$

$$\beta = n k \sin \theta_m$$

$$k = 2 \pi / \lambda_0$$

活性層の波型表面に沿った隣接部分を考えて、位相差が各隣接部分からの放射線の発光において存在することは明らかである。放射モード出力は従って、波型ピッチの長さによって分離される部分からの出力が一相内にあるように確保することによって増強される。従って、活性層に沿った位相差、 $\Delta \phi$ が波型のピッチ、 $\Lambda$ と、活性層内の伝搬定数、 $\beta$ の積に等しくなるように構成すべきである。例えば、図7において矢印AおよびBで示す2つの地点の放射線の発光は、互いに一相内にあるべきである、即ち $\Delta \phi = \beta \Lambda$ を確保するように構成される。従って強力な放射モードの発光のためには：

$$\Delta \phi = \beta \Lambda = 2 \pi v \quad (v = 1, 2, 3, \dots)$$

$$\text{故に: } \Lambda = v \lambda_0 / n \sin \theta_m$$

である。

【0029】即ち、波長 $\lambda_0$ の放射モードにおいて強力な発光を達成するのに必要なピッチは角 $\theta_m$ の比較的単純な関数であり、この角は活性層の深さおよび屈折率および接合される導波路伝搬モード数によって決定される。

【0030】(周期構造)波型表面は、図8(a)の3つの実施例の第1番目に示すように、単純な回折格子の形状を有することは図1~4から理解されるであろう。これは1つの事例かもしれないが、これに限らず他の周

期パターンを用いてもよい。一次元の周期構造として考えられる他の形状を図8(a)に他の2つの実施例として示す。更に、例えば、図8(b)に示すフォーマットを有する2または3次元の周期構造として考えられるものを使用することができる。これらは本質的に光子の禁止帯幅構造である。これらはある波長でのある方向の伝搬を止める。図8(b)に示す2つの実施例のうち、オフセットパターン(2番目の実施例)が、全てのドット間距離が $\Lambda$ に等しいことを示しているの、最も効果的であると考えられる。更に別の例は、図8(c)に示す例の、いわゆるチャープ格子(chirping grating)を使用することである。通常、格子の使用は狭いスペクトルを生じる。しかし、狭い格子の制限なく高効率が必要される場合には、チャープ格子を用いることができる。これは幅広いスペクトルを生じる。効率は改良され、素子からの発光は材料の本来の発光特性により依存する。

【0031】(光損失)放射モードに接合した導波路モードから強力な発光を得るために、導波路モードでの光損失を最小にすることが必要である。導波路における光は放射モードで直接発光された光に比べて非常に長い距離を移動する。たとえ少しの吸収でも活性層中に閉じ込められたフィールド強度を弱めることとなり、放射モードに接合した導波路モードからの発光を少なくすることになる。

【0032】波型表面を有さない平坦な導波路から来る光と、波型の導波路を通った光を考えると；光の幾分かは平面から外に屈折し、残りの部分は導波路内に反射する。電界強度は指数関数的である。平面領域での強度は入射光と反射光の合計である。波型領域での減衰曲線は $I = e^{-\gamma x}$ として記載することができ、ここで $\gamma$ は導波路モードの放射モードとの接合係数を表す。導波路での吸収は、即ち $I = e^{-\alpha x}$ で記載することができ、ここで $\alpha$ は吸収係数である。導波路モードから強力な発光を有するために、好ましくは少なくとも10のファクターで、接合係数 $\gamma$ は吸収係数よりも小さくあるべきである。

【0033】活性材料、例えば、発光低分子および発光共役ポリマーの基礎吸収は接合係数に比べて透過スペクトル領域において(例えば、 $1000 \text{ cm}^{-1}$ 以下)十分小さい。導波路モードでの吸収は活性層での吸収からだけでなく、隣接層による吸収からも発生する。隣接層からの吸収は、隣接層に存在する一過性の光のエネルギーを隣接層の媒体が吸収することができるために、発生する。陰極は金属で作られており、これは大きい吸収を有するので、陰極が活性層上に形成される場合には、導波路での吸収は金属によって規定される。吸収の程度は $1000 \text{ cm}^{-1}$ であるので、活性層上に陰極を有する構造を本発明に使用することができるが、恐らく理想的ではない。電子輸送被覆層を好ましくは、活性層と陰極の間に配置する。電子輸送被覆層は、高い電子移動度お

よび陰極の仕事関数に対するそのLUMOレベルの良好なマッチングを有する材料から作られるべきである。高い移動度に関して、低分子系は共役ポリマーよりこの目的により適しているかもしれない。

【0034】導波路での低吸収を達成するための好ましい構造を図10に示す。この構造は、その上に光重合層210を有する基材200を包含する。基材200と接する表面と反対側の光重合層210の表面は波型で透明電極220がその上に設けられる。次に導電性ポリマー層または正孔輸送層230が電極220上に設けられ、次いで発光層240が配置される。電子輸送層250が発光層上設けられ、構造の最上部は電極260である。層210の波型に電極260を含む全ての後続の層が従う。この構造では、電子輸送層の厚さは発光層と電子輸送層の界面での一過性の光の侵入深さより厚くあるべきである。

【0035】活性層での散乱も光損失を増加させる。散乱光はしかし、素子から発光され、従って散乱は効率を低下させない。しかし、散乱が大きい場合には、(波型パターンの周期により)素子に期待されるべき狭いスペクトル出力を得ることが困難である。低分子系は一般に、粗い表面を有し、多くの散乱点を有する。非晶質共役ポリマーはその低吸収特性のために、活性層により好適である。

【0036】導波路モードでの光損失は活性層による吸収からだけでなく、隣接層による吸収からも生じる。隣接層による吸収は、活性層界面での反射が理想表面からの反射でなく、実際には界面深さを横断する反射であるために、生じる。更に、ドメインオーダリングが活性層中に生じ、これは多結晶構造に類似している。即ち、散乱が生じこれも導波路モードでの光損失を起こす。

【0037】活性材料の吸収係数 $\alpha$ は、導波路モードでの光損失を低減するのに重要である。典型的に、低分子系は $500\text{ cm}^{-1} \sim 1000\text{ cm}^{-1}$ の範囲に吸収係数を有する。

【0038】低分子系を用いた組み立て方法は層中に欠陥を生じ、高度の散乱を生じる。これに比べて、ポリマー材料はインクジェット技術を用いて塗布でき、従って、低欠陥、低吸収の活性層を塗布することができる。

【0039】材料中での光損失の強度は、以下のよう

$$I = e^{-\alpha x}$$

従って、吸収係数 $\alpha$ が大きいと、材料の深さ(例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以内)で吸収に激しい変化を生じる。 $10\text{ }\mu\text{m}$ の層厚は大きい接合を生じず、従って $10\text{ }\mu\text{m}$ は下側限界と考えることができる。 $100\text{ cm}^{-1}$ の吸収係数は $100\text{ }\mu\text{m}$ の吸収深さに対応することになり、これは所望の接合を形成するのに十分良好である。故に、共役ポリマーのような材料の使用は、活性層として低分子系の使用より望ましい。また、もちろん多くの異なったポリマ

ー材料があり、多結晶タイプの相を示すものもあれば、非晶質相を示すものもある。本発明による素子の活性層用には非晶質共役ポリマーを使用するのが好ましい。ポリフルオレン誘導体が特に、本発明による素子において強力な発光を有する好適な材料である。

【0040】本発明の実施態様を好ましくは、 $1000\text{ cm}^{-1}$ 以下、より好ましくは $500\text{ cm}^{-1}$ 以下の吸収係数を有する発光材料を用いる。

【0041】

【実施例】(第1の実施例) 第1の実施例は本質的に図1の方法に従って調製した。かかる実施例はガラス基材およびエポキシ光重合樹脂を使用した。フォトリソグラフィによってパターン化された電着ニッケルスタンプを用いて波型表面を形成した。 $300$ 、 $330$ 、 $360$ 、および $450\text{ nm}$ のピッチサイズを有する一次元周期構造を有するスタンプを用い波型の深さを $50\text{ nm}$ にセットした。ガラス基材をシリルカップラーで処理して、樹脂層との十分な接着性を確保した。ITO層を、Arおよび $\text{O}_2$ スパッタリングガスを用いた $200^\circ\text{C}$ でのスパッタリングによって、樹脂層上に塗布した。ITO層の厚さは $120\text{ nm}$ であった。F8BT、ポリ(9,9-ジオクチルフルオレン-2,1,3-ベンゾチアジアゾール)で形成された活性層をスピン塗布によってITO層上に塗布した。F8BTは低い光損失を有する非晶質材料である。活性層は $140\text{ nm}$ の厚さおよび $100\text{ cm}^{-1}$ 以下の吸収係数を有した。 $Ca100\text{ nm}/Al300\text{ nm}$ で形成された金属電極を蒸着塗装によって活性層上に設けた。

【0042】第1の実施例の発光素子は高い指向性と高効率の狭い線幅の出力を有した。典型的に、線幅は $20\text{ nm}$ 以下であり最良の結果は $330\text{ nm}$ および $360\text{ nm}$ の波型のピッチで得られた。これらのピッチは所望の波長(これはF8BTの蛍光スペクトルの範囲内である)で強力な発光を得るという要求を満足する。

【0043】この実施例で達成されたスペクトル出力を図9に示す。

【0044】(第2の実施例) 第2の実施例を本質的に図2の方法に従って形成した。かかる実施例は平坦なITO層を備えたガラス基材を使用した。導電性ポリマー層を、PEDOT(ポリ-3,4-エチレンジオキシチオフェン)およびPSS(ポリスチレン-スルホン酸)の1:5~1:100の割合の混合物の水溶液を用いて形成した。PSSは本質的にPEDOT材料用の可撓性マトリックスとして使用した。PSSは従来のポリマーであって、これはスタンピングおよび鋳造処理を行うのが比較的容易である。PEDOTは共役ポリマーであって、これは非共役ポリマーほど容易に処理されない。これはより高い導電性を有するが、より低可塑性のバルク特性を有する。薄層の使用は、導電性の重要性を低減するので希釈されたPEDOTの使用は許容でき

る。PEDOTは小さい吸収性を有し（吸収係数が可視領域で約0.04である）、そこで可視領域で透過性であるPSSでの希釈によって吸収性を低減することができる。このPEDOTは導波路のコアを形成しないが、コアに閉じ込められた光分布末端がこのPEDOT層に存在しうる。導波路の損失は低吸収性を有するこの希釈PEDOTを適用することによって低減することができる。

【0045】（ニッケルスタンプを用いて形成された）ポリマースタンプ型を用いて導電性ポリマー層の表面を波型形成した。即ち、ポリマー溶液をITO層上に塗布しポリマースタンプ鑄型を溶液に適用し、80℃で24時間放置して乾燥させた。鑄型を次に除去し活性層をスピン塗布によって塗布した。活性層はF8BT、ポリ（9,9-ジオクチルフルオレン-2,1,3-ベンゾチアジアゾール）で140nmの厚さに形成した。吸収係数は $100\text{ cm}^{-1}$ 以下であった。Ca100nm/A1300nmで形成された金属電極を蒸着塗装によって活性層上に提供した。

【0046】第2の実施例の発光素子を第1の実施例の発光素子と非常に類似した出力特性を示した。

【0047】第2の実施例の第1の改良された実施例は、本質的に図3の方法を用いて形成した。即ち、導電性ポリマー溶液をニッケルスタンプおよびITO層上にスピン塗布した。このように形成された2つの構成要素を一体に真空中で200℃で5分間プレスし、次いでニッケルスタンプを引き離した。先の実施例と同様の結果が得られた。

【0048】第2の実施例の第2の改良された実施例を、本質的に図4の方法を用いて形成した。即ち、導電性ポリマー溶液を可塑性の鑄型およびITO層上にスピン塗布した。2つの構成要素を一体に結合させ、真空中で80℃で24時間乾燥した。次いで可塑性の鑄型を除去した。再度先の実施例と同様の結果が得られた。

【0049】（第3の実施例）第3の実施例を本質的に第1の実施例で使用した方法および材料に従って形成したが、この場合にはスタンプをドットの配列に浮き彫りにした。即ち、周期構造は図8(b)に示すタイプであった。第3組の実施例は高指向性の出力を示し、発光ピークは第1の実施例のものに対して2.5倍であった。第1の実施例の一次元周期構造は「線」の出力指向性を生じるが、第3の実施例の二次元周期構造は「柱状」の出力指向性を生じる。

【0050】（第4の実施例）第4の実施例を本質的に第1組の実施例で使用した方法および材料に従って形成したが、この場合にはスタンプを「チャージング」格子に浮き彫りにした。即ち、周期構造は図8(c)に示す

タイプであった。第4の実施例は高効率および幅広いスペクトル出力を示した。

【0051】（第5の実施例）第5の実施例は本質的に第1組の実施例で使用した方法および材料に従っているが、この場合にはスタンプは異なる周期または異なる設計の格子を同じ基材上に備えていた。従って、格子のそれぞれ1つを有する各領域は各波長をそれぞれ強め、従って実施例は複数色の出力を提供した。出力の高指向性は液晶表示パネルで従来から実用化されているもののような表示素子用としての素子の有用性を低減する。しかし、出力の高指向性は投影表示装置のようないろいろな別の用途に特に好適な素子を提供する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態による発光素子に使用するための基材を形成する方法をその工程に沿って示す断面図。

【図2】本発明の実施形態による発光素子に使用するための基材を形成する別の方法をその工程に沿って示す断面図。

【図3】本発明の実施形態による発光素子に使用するための基材を形成する更なる方法をその工程に沿って示す断面図。

【図4】本発明の実施形態による発光素子に使用するための基材を形成するまた別の方法をその工程に沿って示す断面図。

【図5】図1に示す方法により製造された基材を用いた発光素子を示す断面図。

【図6】図2、3または4のいずれかに示す方法により製造された基材を用いた発光素子を示す断面図。

【図7】活性層のためのピッチ選択に関する色々なパラメータを示す図。

【図8】本発明を実施する際に採用することができる種々の周期構造を示す図。

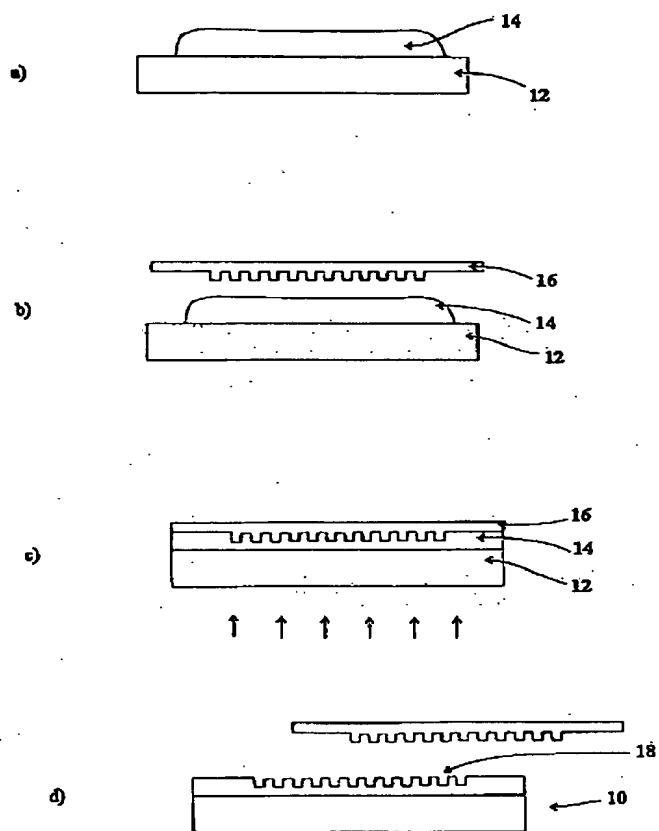
【図9】本発明による実施態様の一例のスペクトル出力を示す図。

【図10】導波路における低吸収を達成するための好ましい構造を示す断面図。

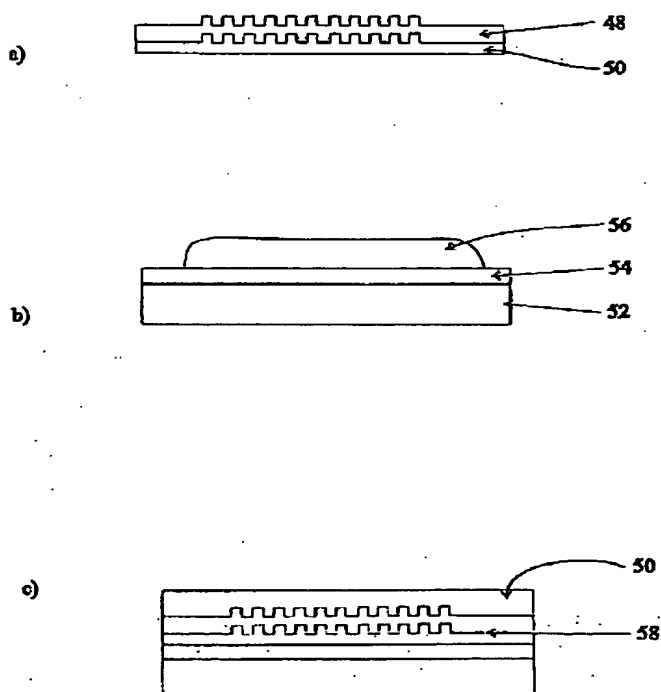
#### 【符号の説明】

- 10 基材
- 12 透明基材
- 14 樹脂
- 16 スタンプ型
- 18 波型の上側表面
- 100 透明基材
- 120 透明電極
- 140 発光材料層（発光ポリマー）
- 160 金属電極

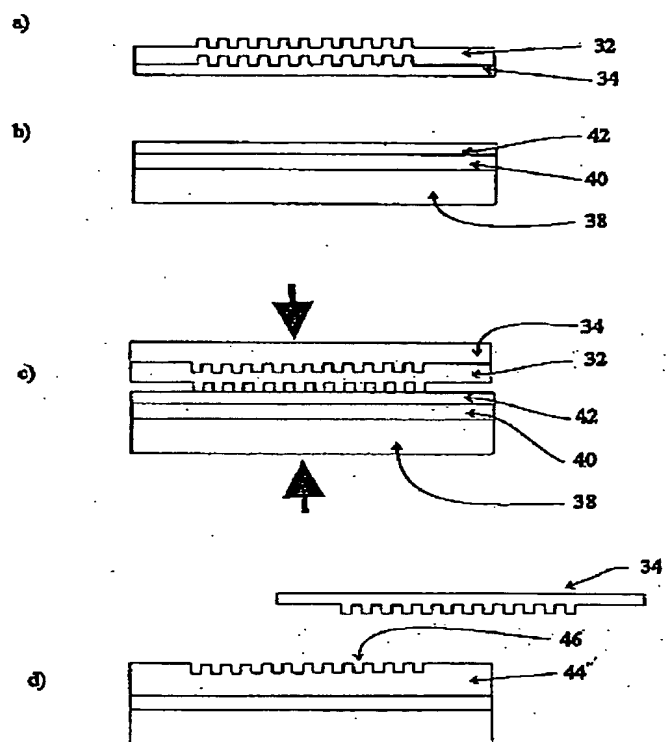
【图 1】



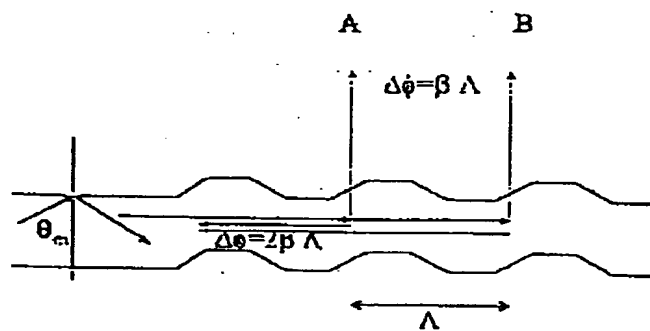
【図4】



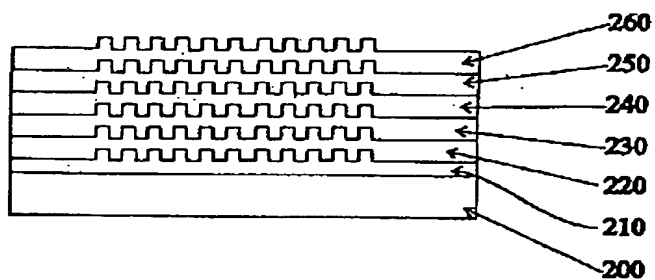
【図 3】



【図 7】

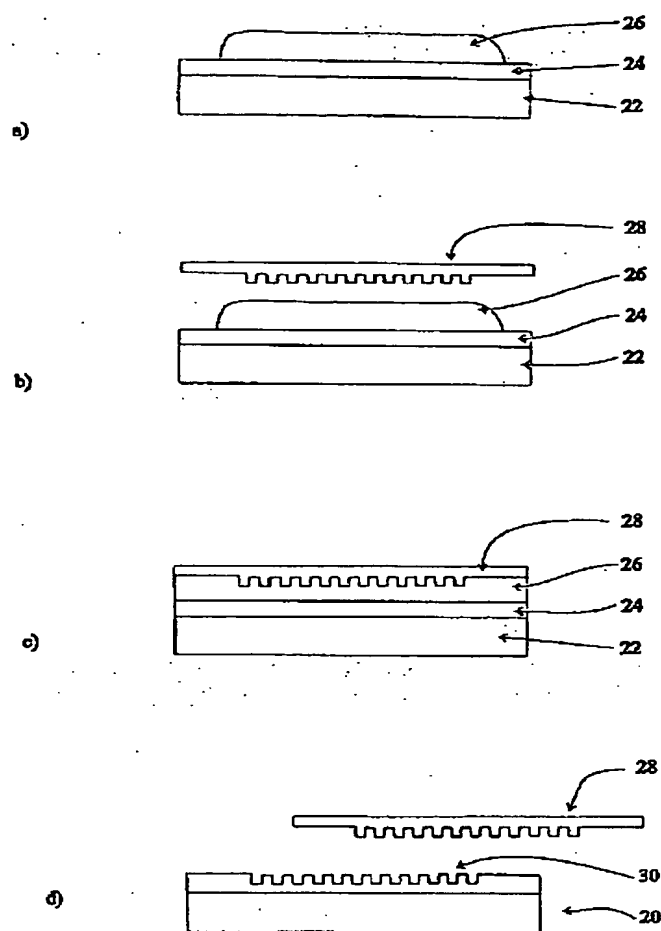


【図 10】

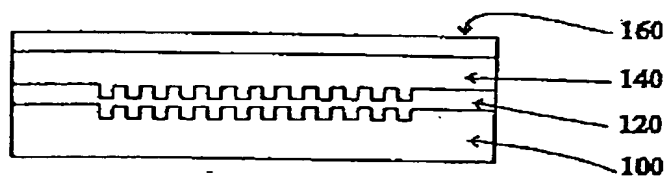




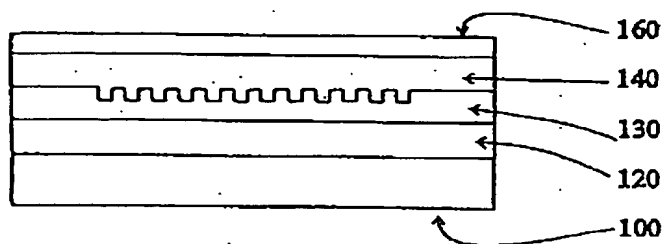
【图2】



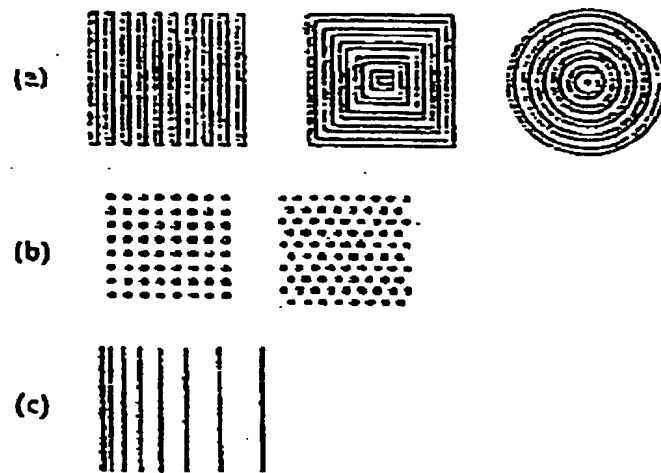
【图5】



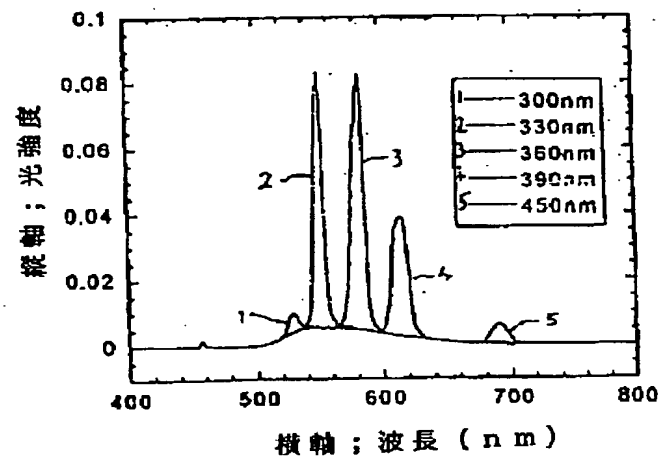
【图6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(71)出願人 501023524  
ケンブリッジ大学テクニカルサービスリミ  
テッド  
Cambridge Universit  
y Technical Service  
s Limited  
ザ オールド スクールズ トリニティ  
レーン ケンブリッジ CB2 1TS  
イギリス  
The Old Schools Tri  
nity Lane Cambridge  
CB2 1TS United Kin  
gdom

(72)発明者 川瀬 健夫  
イギリス ケンブリッジ CB2 1TS  
トリニティ レーン ザ オールド ス  
クールズ ケンブリッジ大学テクニカルサ  
ービスリミテッド内  
Fターム(参考) 3K007 AB03 AB04 AB18 BA00 CB01  
CB04 DA01 DB03 EB00 FA01